PHILIPS

7

geluidsregistratie



WIJ EN DE ELEKTRONICA

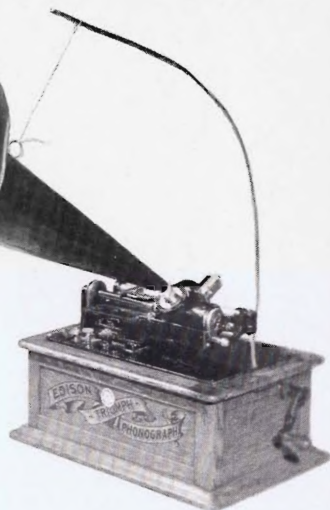
GELUIDSREGISTRATIE

Sinds enkele jaren is de mogelijkheid tot het registreren van geluid binnen het bereik van velen gekomen. Op tal van plaatsen, ook in scholen en in huisgezinnen, kan men thans de bandopnemer - ook wel „bandrecorder" of „tape recorder" (Engels) genoemd - aantreffen. De lage prijs en de geringe technische bekwaamheid, nodig voor de bediening van de tegenwoordige apparaten, hebben dit tot gevolg gehad. Filmamateurs kunnen hun films nu van bijpassend geluid voorzien; geluidsjagers maken er hun hobby van interessante of exotische geluiden in de vrije natuur of elders vast te leggen. Een geluidsarchief van belangrijke gebeurtenissen in het gezin kan het fotoalbum op waardevolle wijze aanvullen. In tegenstelling met de andere methoden van geluidsregistratie maakt de magische magnetische band het mogelijk het vastgelegde geluid direct weer te reproduceren.
Wat geluid is werd reeds in het deeltje „Radio" verteld; in „Frequentiemodulatie" werd ingegaan op toon en klank en op het frequentiegebied van de geluidstrillingen. Lang is gezocht naar manieren om geluid zo nauwkeurig mogelijk te registreren en te reproduceren. Drie methoden zijn achtereenvolgens tot ontwikkeling gekomen:
de *mechanische registratie* van de grammofoonplaat,
de *optische registratie*, zoals tot voor kort uitsluitend bij de geluidsfilm in bioscopen werd toegepast en
de *magnetische registratie* van de magnetische band.

De mechanische registratie

In 1877 gelukte het *Thomas Alva Edison* als eerste geluiden vast te leggen en weer te geven met zijn „Phonograph" (fig. 1). Hij gebruikte daarbij een om zijn as draaiende, met bladtin bedekte cilinder. In het midden van een micaplaatje was een scherpe naald aangebracht, die met zijn punt tegen het bladtin rustte. Door draaiing van de cilinder om zijn as, gekoppeld aan een zijdelingse verplaatsing, werd in het bladtin een schroeflijn gekrast. Kwam het plaatje door opvallend geluid

← *Voor het vastleggen van geluid wordt meer en meer gebruik gemaakt van kleine (casette) bandopnemers*



in trilling, dan registreerde de naald die bewegingen door plaatselijke veranderingen in de diepte van de groef.
Bij het afspelen liet men de naald met dezelfde snelheid weer door de groef lopen. De golvingen in de diepte ervan brachten het plaatje — en ook in de lucht — weer in trilling. Ja, het voortgebrachte geluid leek inderdaad wel wat op het oorspronkelijke!
Later kwam de vlakke zinken schijf, voorloper van de huidige grammofoonplaat.
Elektriciteit kwam er nog niet aan te pas. Verbetering van de geluidskwaliteit werd echter verkregen door het geluid met een microfoon in elektrische trillingen om te zetten, die dan na versterking naar de *groefsnijder* werden gevoerd (fig. 2). De stroom gaat hierbij, net als bij de telefoon of luidspreker, door een om een ijzerkern gewikkeld spoeltje, een elektromagneet. Door de wisselende sterkte van de elektrische stroom wordt een beweeglijk ijzeren ankertje met wisselende kracht aangetrokken. De daarop bevestigde snijbeitel komt daardoor eveneens in trilling. Onder deze beitel draait met zeer constante snelheid een lakplaat rond; de beitel zelf beweegt bovendien nog langzaam naar de as van de draaitafel toe. In de plaat wordt door deze twee bewegingen een spiraalvormige groef gesneden. Doordat de beitel in dwarse richting trilt, bevat de groef slingeringen die een afspiegeling van het opgenomen geluid zijn (fig. 3). Bij het afspelen wordt de plaat

Fig. 1. De „Phonograph" van Edison



Fig. 2. Het snijden van een grammofoonplaat



Fig. 3. Een groef

in hetzelfde tempo rondgedraaid en is een naald van hard metaal (staal, saffier of diamant) in de groef geplaatst. De naald volgt de groef en trilt dus in dwarsrichting. Deze trillingen worden weer in elektrische trillingen omgezet, versterkt en naar een luidspreker gevoerd.
Hoe werkt nu zo'n groeftaster, ook wel pick-up genoemd?
We zullen daar één type van bespreken, nl. dat waarbij een heel belangrijk natuurkundig verschijnsel optreedt, de elektromagnetische inductie.

Inductie

Magneten hebben om zich heen een werkingsgebied dat men hun magnetisch veld noemt. De sterkte hierin is groot dicht bij de magneet en is zwakker op grotere afstanden. De richting van de magnetische werking, bv. op een kompasnaald, geeft men aan met behulp van de zg. *veldlijnen.* Figuur 4 geeft daarvan enkele voorbeelden.
In zo'n magnetisch veld plaatsen we nu een spoeltje, waarvan de uiteinden met elkaar verbonden zijn (fig. 5). Een gedeelte van de veldlijnen zal door de spoelopening heen lopen. Is het spoeltje gewikkeld om een kern van weekijzer, dan zal het

Fig. 4. Magnetische veldlijnen van een staaf- en een hoefijzermagneet

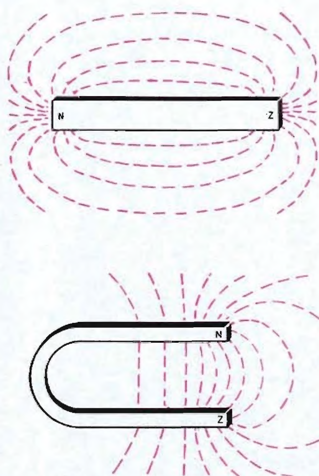
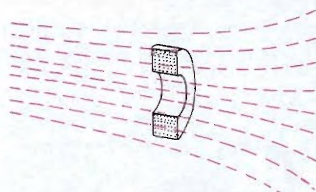
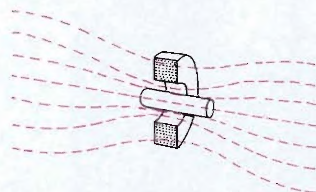
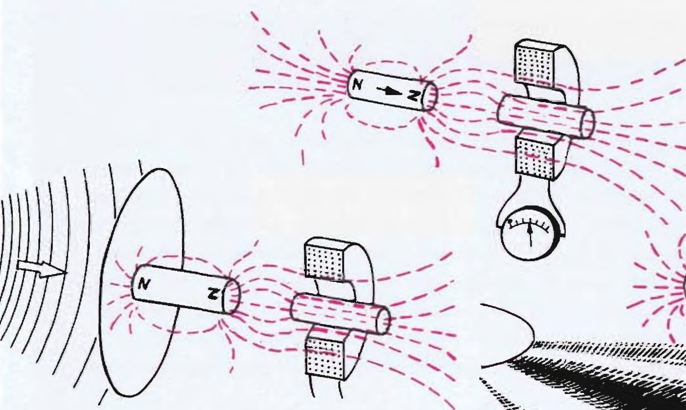


Fig. 5.
a. Een spoeltje in een magneetveld (slechts de helft van het spoeltje is getekend)



b. Hetzelfde spoeltje, maar nu met ijzerkern





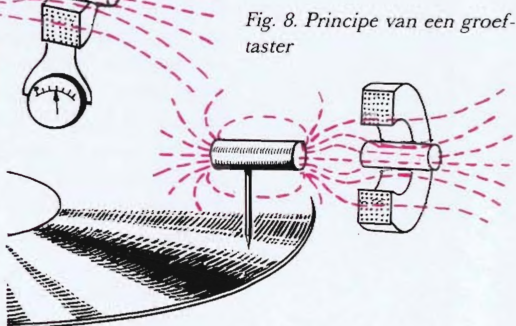


Fig. 6. *Bij beweging van de magneet t.o.v. de spoel ontstaat een inductiestroom*

Fig. 8. *Principe van een groeftaster*

Fig. 7. *Principe van een microfoon*

aantal doorgaande veldlijnen groter zijn. Het is alsof het week ijzer de lijnen naar zich toetrekt.
Zolang nog alles in rust is, gebeurt er niets bijzonders. Wordt echter op een of andere wijze de sterkte van het veld in de spoelopening veranderd, dan treedt in de draad een elektrische stroom op. Of men daartoe de spoel of de magneet beweegt of de sterkte van de magneet verandert, doet er niet toe, steeds ontstaat zo'n zg. *inductiestroom* (fig. 6).
De richting van de stroom hangt af van het feit of het veld in sterkte tóé- dan wel afneemt; de sterkte van de stroom wordt bepaald door de snelheid waarmede het veld verandert. Een mooi voorbeeld vinden we in de fietsdynamo.
Maar hoe werkt nu een microfoon? Op een trilplaatje is een klein magneetje bevestigd (fig. 7). In de nabijheid bevindt zich een spoeltje. Als nu het plaatje door het geluid in trilling gebracht wordt, zal ook het magneetje t.o.v. de spoel heen-en-weer bewegen. Het magnetische veld dat door de spoelopening gaat, verandert voortdurend in sterkte en dus levert de spoel een wisselstroom.
Op dezelfde wijze werkt de groeftaster bij de platenspeler. Alleen wordt nu het magneetje t.o.v. de spoel niet door een trilplaatje bewogen, doch door de naald die de golvingen van de groef volgt (fig. 8).
Ook bij het weergeven bij de bandopnemer wordt van inductie gebruik gemaakt. Wij komen daar later nog op terug. Steeds zullen we zien dat in een spoel een elektrisch stroompje ontstaat doordat het magnetische veld dat door de spoelopening gaat, in sterkte verandert.

Het vervaardigen van grammofoonplaten

De bij het opnemen verkregen lakplaat is van zacht materiaal, de speelplaat moet hard en slijtvast zijn en men moet er veel kopieën van kunnen maken. Daarom wordt van de lakplaat langs galvanische weg een afdruk gemaakt, de zg. *vader*. Op de lakplaat slaat men langs elektrische weg een laagje koper neer — een proces dat men elektrisch verkoperen kan noemen. Deze koperlaag is gemakkelijk te scheiden van de lakplaat. De afdruk is een negatief, d.w.z. hij vertoont verhogingen waar de oorspronkelijke plaat verdiepingen bezit en omgekeerd.
De vader kan in principe worden gebruikt als matrijs voor het persen van grammofoonplaten. Omdat hij daarbij echter gemakkelijk beschadigd kan worden, bewaart men de vader liever en maakt men van hem, alweer langs galvanische weg, via een positieve *moeder*, opnieuw één of meer negatieve *zonen*, die het zware werk moeten doen. De plaat wordt in één handeling tussen twee verschillende zonen onder een druk van ruim 100 atmosfeer geperst uit een schepje verwarmde plastiekkorrels.
De plaat is nu gereed om thuis te worden afgespeeld. Na aansluiting van de platenspeler op een versterker met luidspreker, bv. van een radiotoestel, na instelling van de juiste afspeelsnelheid en het plaatsen van de groeftaster in de buitenste groef van de draaiende plaat, is het ogenblik aangebroken om in een gemakkelijke stoel te gaan zitten luisteren naar de muziek, die zo veel eerder in de studio werd geregistreerd.
Vele malen kan dezelfde plaat worden afgedraaid; op den duur zal echter wel enige slijtage optreden. Dit kunnen we zoveel mogelijk beperken door de plaat stofvrij te houden, de groeven niet met de vinger aan te raken en door het gebruik van een groeftaster met diamantnaald.
Tegenwoordig worden alleen grammofoonplaten met een zeer smalle en ondiepe groef, een zg. *minigroef*, vervaardigd. Deze groef heeft o.m. het voordeel dat er vele naast elkaar in de plaat kunnen worden aangebracht. Door het gebruik van nieuwe stoffen kan ook met een kleinere snelheid worden gewerkt. Het vroegere plaatmateriaal had een zekere korreligheid. In het nu toegepaste, niet korrelige plastiek kunnen veel fijnere trillingen worden vastgelegd. Zelfs bij kleinere draaisnelheid zullen daardoor veel hogere tonen worden geregistreerd. Ook het ruisen is nu veel minder.

Langspeelplaten met hoge geluidskwaliteit (hi-fi) zijn thans algemeen ingeburgerd. Platen met een minigroef moeten worden afgespeeld met $33^1/_3$ omwentelingen per minuut (LP =long play), of 45 omwentelingen per minuut (EP=extended play). Vroeger was dat 78 omwentelingen per minuut.
Figuur 9 toont de doorsneden van de minigroef en van de oude „standaardgroef". Het zal daaruit duidelijk zijn waarom verschillende naalden gebruikt moeten worden.
Waarom is nu juist zo'n fijne groef nodig? Wij willen dit met een getallenvoorbeeld duidelijk maken.
Stel dat de groefsnijder op een bepaald moment 10 cm van de as verwijderd is en dus een cirkel krast met een straal van 10 cm. De omtrek van deze cirkel is $2\pi r = 2 \times 3{,}14 \times 10$ cm = ca 60 cm.

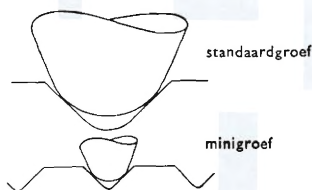


Fig. 9. Groefsoorten

Als de plaat 30 omwentelingen per minuut maakt, is dat een halve omwenteling per seconde. De groef wordt dus met een snelheid van 30 cm/sec gesneden.
Wordt nu een toon van 3000 Hz opgenomen dan moeten dus 3000 heen-en-weergangen geregistreerd worden op een groeflengte van 30 cm. Elke heen- en weergang is dus in de groef slechts 30 cm : 3000 = 0,01 cm = 0,1 mm lang.
De snijbeitel moet dus wel zeer fijn zijn om dàt goed te kunnen registreren. Bij een snelheid van $33^1/_3$ omwenteling per minuut wordt nog geluid met een frequentie van ca. 10.000 Hz geregistreerd. Dit komt overeen met één heen-en-weergang over een groeflengte van 1/30 mm! Dit is alleen mogelijk door het gebruik van moderne, korrelloze kunststoffen.

Met de vroegere grammofoonplaten, die afgespeeld moesten worden met 78 omwentelingen per minuut, worden slechts tonen tot ca. 5000 Hz weergegeven. Bij deze geringe bandbreedte gaat de verstaanbaarheid van het geluid wel is waar niet verloren — ook bij de telefonie neemt men met een geringe bandbreedte genoegen (zie deel 2 Frequentiemodulatie) — doch de kwaliteit van muziek is zeer slecht.

Optische geluidsregistratie

Toen de cinematografie geleidelijk aan tot ontwikkeling kwam, deed zich al spoedig de behoefte gevoelen bij het projecteren van de film ook het bijpassend geluid ten gehore te brengen of geluid met een zelfstandige functie. In 1926 deed de geluidsfilm zijn intrede. In de eerste jaren werd het geluid weergegeven met grammofoonplaten. Het was echter zeer moeilijk beeld en geluid *synchroon*, dat is gelijk-op, te laten lopen. Door een fout bij het inschakelen van de platenspeler of van de beeldprojector kon het bij wijze van spreken gebeuren, dat men een filmacteur eerst hoorde praten, nadat hij zijn mond al lang had gehouden. Zoiets bederft het effect uiteraard volkomen.

In 1928 slaagde men er echter in een systeem te ontwerpen waarbij het geluid door middel van licht op de filmstrook zelf werd aangebracht. Daar geluid en beeld op dezelfde drager zijn vastgelegd, vormt de synchronisatie nu geen enkel probleem meer.

Er zijn verschillende methoden om geluid optisch, d.w.z. met behulp van licht, vast te leggen. We zullen het principe van één ervan bespreken.

Het geluid wordt door een microfoon in elektrische trillingen omgezet. Na versterking leidt men deze naar een elektromagneetje. In de reeds besproken groefsnijder bracht zo'n elektro-

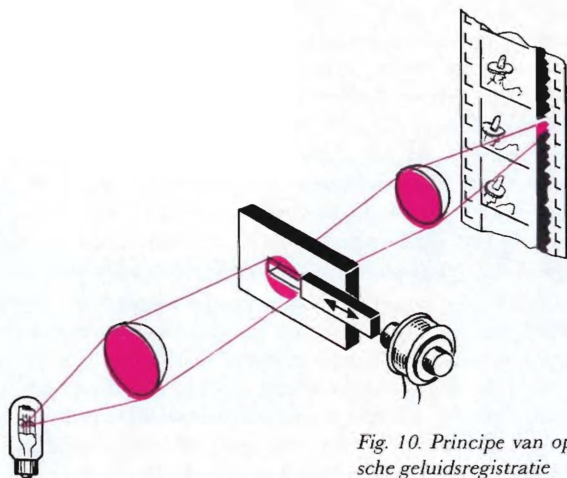


Fig. 10. Principe van optische geluidsregistratie

magneetje de snijbeitel in trilling. Hier is het een beweegbaar metalen plaatje dat een spleet gedeeltelijk afdekt in het tempo van de geluidstrillingen (zie fig. 10). Door het open deel van deze spleet valt het licht van een lampje; de lichtspleet wordt door een lens afgebeeld op de lichtgevoelige filmstrook in een smalle ruimte tussen filmbeeld en perforatie. De lengte van dit spleetbeeldje varieert dus voortdurend en als men nu de filmstrook met constante snelheid verplaatst, krijgt men na fotografische ontwikkeling een spoor dat in de breedte wisselt (zie figuur 11). In deze breedtevariaties is het geluid vastgelegd.
Bij het „afspelen" laat men een smalle bundel licht door dit geluidsspoor gaan; de film wordt met constante snelheid bewogen, zodat men wisselingen in de sterkte van de doorgaande lichtbundel krijgt. Een foto-elektrische cel, zoals besproken op blz. 13 van het deel „Elektronenbuizen", zet deze lichttrillingen weer in elektrische trillingen om, enz.
Door de in werkelijkheid zeer gecompliceerde en kostbare apparaten lenen zich de optische methoden alleen voor professioneel gebruik. Bij vele geluidsfilms in bioscopen wordt thans de magnetische methode toegepast.



Fig. 11

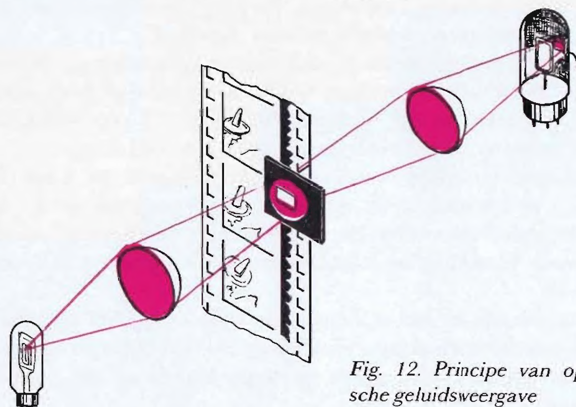


Fig. 12. Principe van optische geluidsweergave

Magnetische registratie

Reeds kort na de uitvinding van *Edison*, nl. in 1888, werd door Oberlin Smith voor het eerst het principe van magnetische geluidsvastlegging beschreven. Hij dacht zich een katoenen draad met tussen de vezels fijn verdeeld ijzerpoeder.

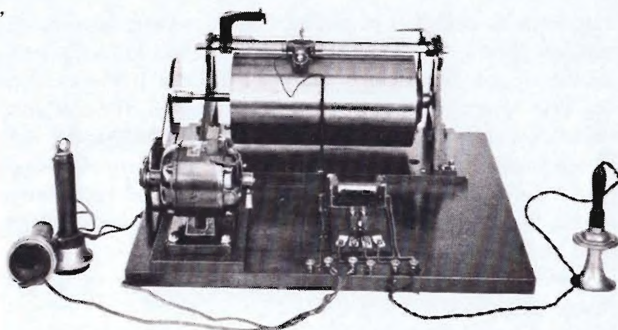


Fig. 13. De „Telegraphone" van Poulsen

Werd zo'n draad in zijn lengterichting door het magnetische veld van een elektromagneet getrokken, dan zouden sterktewisselingen van de stroom door de magneetspoel, de na elkaar passerende ijzerdeeltjes elk met verschillende sterkte magnetiseren. Als de draad vervolgens langs een spoeltje getrokken werd, zouden door de verschillen in sterkte van het magnetisme van de passerende ijzerdeeltjes in die spoel inductieve stroompjes ontstaan. Toegerust met microfoon en telefoon zou men zo geluid kunnen „bewaren".
De eerste praktische toepassing van de gedachten van Smith werd in 1898 door de Deen *Valdemar Poulsen* gepatenteerd. Hij gebruikte in zijn *Telegraphone* (fig. 13) een dikke, in schroefvorm vast op een cilinder gewikkelde staaldraad.
In latere toestellen werd staalband toegepast en reeds in 1929 plastiekband met een dun magnetisch laagje. In de Verenigde Staten hield de magnetische draad tot kort na de Tweede Wereldoorlog stand. Thans wordt algemeen band gebruikt.
Magnetisatie bij het opnemen en inductie bij het afspelen, zijn dus de voornaamste verschijnselen. Wat inductie is, werd reeds besproken. We zullen nu dieper ingaan op wat magnetisatie is.

Magnetisatie

In de natuur onderscheidt men magnetische en niet-magnetische stoffen. De eerste soort wordt wél en de tweede niet door een magneet aangetrokken. Een stuk magnetisch materiaal, bv. ijzer, wordt door het bijbrengen van een magneet zelf een magneet en wel zo, dat beide elkaar aantrekken. Men noemt

dit verschijnsel magnetisatie. Wat is nu het verschil tussen een gemagnetiseerd en een niet-gemagnetiseerd stuk ijzer?
IJzeratomen gedragen zich als kleine zg. elementaire magneetjes met aan de ene kant een N-pool en aan de andere een Z-pool. De verbindingslijn van de polen noemt men de as. In niet-gemagnetiseerd ijzer zijn deze assen willekeurig in alle mogelijke richtingen gericht. In dit opzicht heerst er een grote wanorde. Het gevolg is dat de magnetische veldjes elkaar buiten het ijzer opheffen.
In gemagnetiseerd ijzer daarentegen zijn de assen alle in één richting georiënteerd. De magnetische velden van de elementaire magneetjes versterken elkaar en naar buiten gedraagt het ijzer zich als een magneet.
Magnetiseren is dus niets anders dan het scheppen van orde in de oorspronkelijke wanorde. De magneetjes worden daarbij alleen gedraaid, niet verplaatst (zie fig. 14). Dit geschiedt door het aanbrengen van een magnetisch veld, bv. van een (elektro)magneet.
Men kan twee soorten magnetiseerbare stoffen onderscheiden. In de magnetisch *zachte* materialen zoals weekijzer, vindt magnetisatie gemakkelijk plaats, doch demagnetisatie treedt even snel op. De elementaire magneetjes zijn blijkbaar zonder veel moeite draaibaar. „Ferroxcube" is ook zo'n stof. In de magnetisch *harde* materialen staal, „Ticonal", „Ferroxdure", enz. zijn de magneetjes echter moeilijk draaibaar. Magnetisatie vereist krachtige velden, maar het heeft ook een blijvend gevolg.
Voor magnetische geluidsregistratie is in principe een stof nodig die tussen deze twee soorten in ligt: blijvende magnetisatie is absoluut noodzakelijk, doch al te moeilijk moet het magnetiseren — bij het opnemen althans — niet zijn. Door een kunstgreep, nl. de toevoeging van een extra-stroom door de spoel, kan men toch een hard-magnetisch materiaal gebruiken. Op de details hiervan kan echter op deze plaats niet

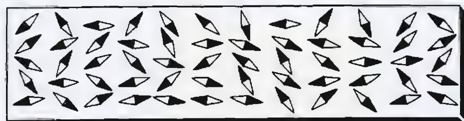
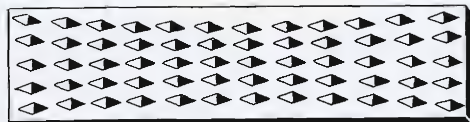


Fig. 14
a. In niet-gemagnetiseerd ijzer heerst wanorde



b. In gemagnetiseerd ijzer heerst orde

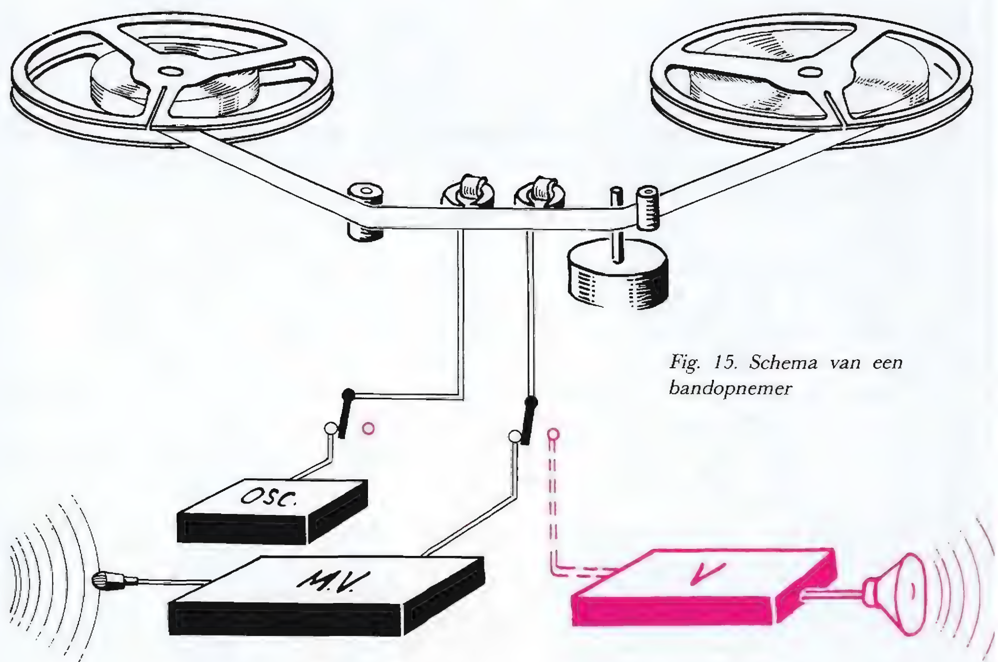


Fig. 15. Schema van een bandopnemer

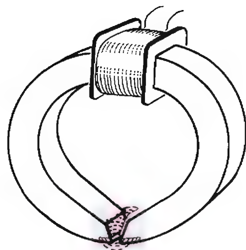
worden ingegaan. De tegenwoordige magnetische banden bestaan uit een drager van doorzichtig plastiek met daarop een dunne laag van een bruine emulsie. Deze bevat fijn verdeeld ijzeroxyde-poeder vermengd met een soort vernis.

De bandopnemer

De bandopnemer bevat behalve enkele versterkers voor het opnemen en weergeven, een luidspreker, een elektrisch aandrijfmechanisme dat de magnetische band, gewikkeld op een tweetal bandspoelen, met een zeer constante snelheid langs enkele zg. *magneetkoppen* voert (fig. 15). Het geheel is in een kast ondergebracht. Een microfoon en de voor aansluiting op het lichtnet benodigde snoeren behoren tot de verdere uitrusting.

De magneetkoppen zijn elektromagneetjes van bijzondere vorm: een spoel van koperdraad gewikkeld op een weekijzeren ringvormige kern. Deze ring (zie figuur 16) is niet volledig gesloten; hij bevat een zeer nauwe dwarsspleet van enkele

duizendste mm breedte. Het geheel is in een isolerende stof ingebed.
Wanneer door de spoel een stroom gaat, bestaat er een magnetisch veld in de spleet tussen de uiteinden van de ijzerkern. Dit veld steekt iets buiten de spleet uit. Onder invloed daarvan wordt het ijzeroxyde op de band, die langs deze spleet getrokken wordt, gemagnetiseerd. Elk deeltje ijzeroxyde behoudt na het passeren grotendeels de magnetisatie die het bij de spleet verkregen heeft. Men noemt de gebruikte magneetkop de *opneemkop*.
De sterkte van deze magnetisatie hangt af van de sterkte van het magneetveld in de spleet en dus van de stroomsterkte door de spoel. Is deze stroom de versterkte stroom, afkomstig van een microfoon, dan zal de blijvende magnetisatie van de verschillende, *naast* elkaar liggende gebiedjes op de band een afspiegeling zijn van de geluidstrillingen die de microfoon *na* elkaar getroffen hebben.
Bij het weergeven wordt de band, na het terugspoelen met dezelfde snelheid en in dezelfde richting langs de *weergeefkop* gevoerd. Deze kop is net zo ingericht als de opneemkop. Terwijl deze laatste verbonden is met de uitgang van de microfoon-versterker, staat de andere in verbinding met de ingang van de weergeefversterker met luidspreker, zoals in fig. 15 is getekend.
We hebben gezien dat elk gebiedje van de band een bepaalde graad van magnetisatie heeft gekregen. Het buiten de band uitstekende magnetische veld is dus niet overal even sterk. Bij het passeren van de magneetkop zal dus een voortdurend in sterkte wisselend magneetveld heersen, niet alleen in de spleet, doch ook in de ringvormige kern en dus ook in de spoelopening. In de spoel zal zodoende een inductiestroom ontstaan, die dezelfde trillingen bevat als het oorspronkelijke geluid. Versterker en luidspreker doen de rest.
Om op een reeds gebruikte band nieuw geluid op te kunnen nemen, moet de vorige registratie vóór het passeren van de opneemkop uitgewist worden. Dit geschiedt met een zg. *wiskop*, die vóór de andere kop(pen) geplaatst is. Door de spoel wordt een wisselstroom geleid met een hoge, „onhoorbare" frequentie van ruim 50.000 Hz. Deze wisselingen zijn zo snel dat elk ijzeroxyde-deeltje gedurende het passeren van de spleet enkele wisselingen meemaakt en dus nu eens de ene kant en dan weer de andere kant op gemagnetiseerd wordt. Relatief langzaam komen de ijzeroxyde-deeltjes uit het snel wisselende magnetische veld. Het resultaat is dat tenslotte in elk gebiedje evenveel deeltjes in de ene als in de andere rich-


Fig. 16. Een magneetkop

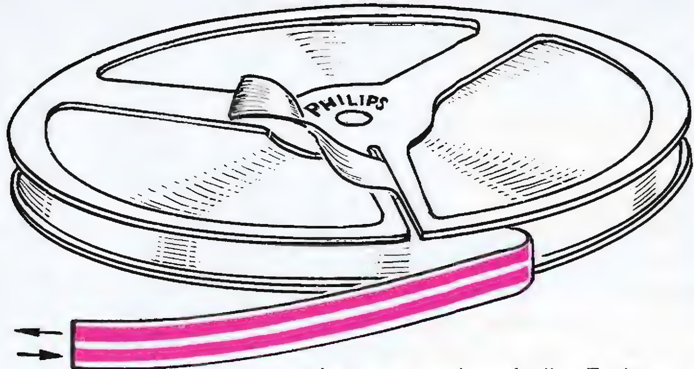


Fig. 17. De twee sporen van een magneetband

ting gemagnetiseerd zijn. Er is nu geen voorkeursrichting meer; de band is gedemagnetiseerd.
De mogelijkheid een opname uit te wissen, betekent dat dezelfde band steeds weer opnieuw kan worden gebruikt.
Op de meeste bandopnemers wordt band gebruikt met een breedte van 6,35 mm. De opneemkop is in vele gevallen zo geconstrueerd, dat voor een opname slechts iets minder dan de helft van deze breedte wordt gebruikt. Na het verwisselen van de bandspoelen, dus omkering van de band, is de andere helft van de breedte voor het opnemen beschikbaar. Gerekend t.o.v. de band zijn de twee sporen dus in tegengestelde richting opgenomen (zie fig. 17). Thans wordt in nagenoeg alle opnemers zelfs het viersporensysteem toegepast.
Ook de bandsnelheden zijn internationaal gestandaardiseerd. Voor bandopnemers voor professionele doeleinden, zoals het gebruik in radiostudio's, worden gewoonlijk snelheden van 38 en 19 cm per seconde gebruikt. Sommige machines voor huisgebruik hebben drie snelheden, nl. 19, $9\frac{1}{2}$ en $4\frac{3}{4}$ cm/s respectievelijk de helft, een kwart en een achtste van de snelheid van 38 cm/s.
De invloed van de bandsnelheid op de geluidskwaliteit is dezelfde als die van de draaisnelheid bij de grammofoon. Bij lage opneemsnelheid zijn de trillingen van de hoge tonen te snel om los van elkaar te kunnen worden geregistreerd. Hoe nauwer de spleet in de magneetkop echter is — en hoe fijner de snijbeitel bij de grammofoon — hoe kleiner deze beperkende factor.
De praktische bruikbaarheid van de apparaten en ook de geluidskwaliteit lieten in het begin veel te wensen over. Talloze vindingen zijn echter geleidelijk in de bandopnemers verwerkt, zodat deze thans aan heel hoge eisen kunnen voldoen. Geheel tevreden zijn we nog niet. Stel dat men een opname gemaakt heeft van een concertstuk gespeeld door een groot orkest: links o.a. de eerste violen en rechts de bassen. Als men nu de band afspeelt, komt het geluid van al die instrumenten van één plaats af, nl. uit de luidspreker. Aan de natuurlijk-

heid van het geluid doet dit, zelfs indien de geluidskwaliteit perfect is, veel afbreuk. We zullen zien hoe ook hiervoor de elektronica een oplossing heeft gegeven.

Stereofonie

Bij figuur 2 in het deeltje „Radar" is besproken hoe men door het gebruik van beide oren in staat is de richting te horen waarin een geluidsbron zich bevindt. Het tijdsverschil tussen de ontvangst van hetzelfde geluid door beide oren bedraagt maximaal nog geen duizendste seconde. Maar dit is voor het gehoorzintuig reeds voldoende. Als het geluid van opzij komt, is er behalve een tijdsverschil ook nog een verschil in sterkte; het geluid moet zich nl. om het hoofd heenbuigen om het oor aan de andere zijde te bereiken. Ook dit verschil draagt sterk bij tot het verkrijgen van een ruimtelijk of *stereofonisch* geluidsbeeld.

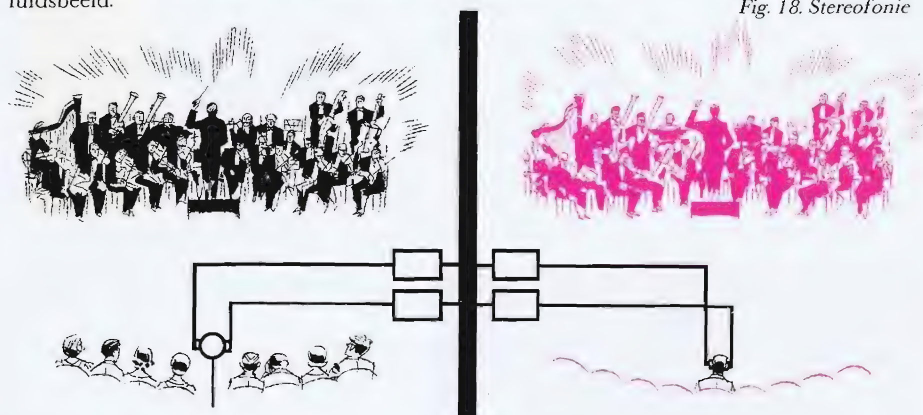


Fig. 18. Stereofonie

Willen we deze ruimtelijkheid ook bij kunstmatige overbrenging van geluid zoveel mogelijk handhaven, dan kan niet met één geluidskanaal worden volstaan. In principe dient men met beide oren in de concertzaal aanwezig te zijn. Is dit niet mogelijk, dan moet men elk oor een apart verlengstuk geven, dat tot in de zaal reikt. Dit zouden in principe spreekbuizen kunnen zijn, doch beter is het de kanalen elektrisch te maken met een versterker er in en eindigende in een microfoon. Omdat deze microfoons het geluid net zo moeten ontvangen als onze twee oren dat doen, worden ze op de juiste plaats in een *kunsthoofd* aangebracht. Twee kanalen brengen dan elk apart geluid over, van kunsthoofd naar hoofdtelefoon. Een

deel van zo'n kanalenpaar kan door een radioverbinding gevormd worden.
De Nederlandse Radio Unie heeft voor het eerst in 1947 een aantal stereofonische uitzendingen verzorgd, waarbij twee zenders werden gebruikt die ieder een kanaal voor hun rekening namen. Natuurlijk waren ook twee ontvangers nodig die, op de juiste wijze afgestemd, links en rechts in de huiskamer opgesteld moesten worden.
Dit bezwaar is ondervangen bij de moderne *stereofonische radio-omroep* in de FM-band. Het is mogelijk gebleken beide geluidssignalen onder te brengen in één draaggolf. Natuurlijk vereist dit aan zend- en ontvangzijde speciale voorzieningen.
Het gebruik van hoofdtelefoons is bij de weergave in principe juister dan van luidsprekers. Immers wat door de linker microfoon van het kunsthoofd opgenomen wordt, is alleen bestemd voor het linker oor. Past men luidsprekers toe, dan ontvangt elk oor ook iets van het geluid dat alleen voor het andere oor bestemd was. Door een juiste opstelling en het gebruik van luidsprekers met een speciaal richteffect kan echter toch een grote natuurlijkheid van het geluidsbeeld worden verkregen. Wat dit alles betekent voor de geluidsregistratie zal zonder meer duidelijk zijn. Wil men daarbij stereofonie toepassen, dan zullen steeds twee sporen nodig zijn, die tegelijkertijd opgenomen en weergegeven moeten worden.
Voor het opnemen van stereofonische grammofoonplaten maakt men gebruik van een gecompliceerde groefsnijder met twéé elektromagneetjes. De ene zijwand van de stereofonische groef bevat nu het trillingspatroon van het ene kanaal, de andere wand dat van het tweede. Een saffier of diamant tast bij het afspelen beide zijden van de groef tegelijkertijd af en een speciale groeftaster geeft beide opnamen gescheiden, na aparte versterking, door aan verschillende luidsprekers.
Figuur 19 toont, sterk vergroot, verschillende soorten groeven. Links een mono-groef die overal dezelfde breedte heeft. De volgende groef vertoont alleen aan zijn linkerzijde een golving, de derde groef alleen aan zijn rechterzijde. Combinatie van beide verschillende golvingen levert de buitenste groef, de stereo-groef. De

Fig. 19. Model van een stereo-groeftaster



groeftaster is zo ingericht, dat beide zijden afzonderlijk worden afgetast, zodat twee verschillende signalen worden verkregen.

Toepassingen

Eerder in dit boekje zijn reeds toepassingen voor amateurs genoemd, zowel voor gebruik binnen- als buitenshuis. Daarnaast wordt echter dankbaar en nuttig gebruik gemaakt van de bandrecorder in scholen, in kantoren, in film-, radio- en televisiestudio's, in schouwburgen en in de industrie, in laboratoria, zelfs in kunstmanen en ... ook bij de fabricage van grammofoonplaten.

Dit laatste is op het eerste gezicht wel merkwaardig. Wij willen er hier iets van vertellen. Bij het fabriceren van grammofoonplaten was het vroeger noodzakelijk de opname in één geheel op de wasplaat vast te leggen. Daartoe moest de uitvoering van het begin tot het einde overal de hoogst bereikbare kwaliteit hebben. Wanneer zelfs een kleine passage onder de maat bleef, moest steeds een volledig nieuwe opname worden gemaakt.

Toen men echter magnetische band bij het opnemen ging gebruiken, werd het mogelijk de beste stukken van verschillende uitvoeringen samen te voegen en zo tot een complete opname van de hoogste kwaliteit te komen. Dit betekent een belangrijke besparing van tijd, moeite en kosten. Men maakt daarbij gebruik van de mogelijkheid gedeelten van een bandopname uit te wissen, weg te knippen of aan elkaar te plakken. Met dergelijke montages kunnen fouten worden hersteld, „klankbeelden" worden samengesteld, solopartijen worden toegevoegd aan apart opgenomen begeleidingsmuziek, enz.

Magnetische band wordt echter ook voor vele andere doeleinden gebruikt. Een groot deel van de radioprogramma's wordt tegenwoordig van te voren op de band opgenomen. In tal van scholen worden bandopnemers

Fig. 20. Een talenpraktikum



in de les gebruikt. Vele brieven worden op kantoren op magnetische dicteermachines gedicteerd. Velen leren thans een juist gebruik en een goede uitspraak van vreemde talen in zg. talenpraktica (fig. 20).
Op de grote luchthavens staan bandopnemers, die alle radiotelefonische gesprekken met piloten van vliegtuigen op de band registreren. Een dergelijke machine kan op 15 naast elkaar gelegen sporen evenveel gesprekken met vliegtuigen opnemen, terwijl slechts één maal per 24 uur nieuwe banden behoeven te worden opgezet. Is er een ongeluk gebeurd, dan kan men achteraf nagaan welke instructies de vlieger van de luchtverkeersleiding heeft gekregen en welke mededelingen hij tot op het laatste ogenblik voor het ongeluk heeft gedaan. Dit is van groot belang bij het onderzoek naar de oorzaken van een vliegtuigongeluk.
Andere bandopnemers, meestal *data-recorders* genoemd, kunnen meetgegevens in de vorm van in amplitude en frequentie variërende trillingen op de band vastleggen. Dit gebeurt bv. in kunstmanen, die op hun snelle en hoge vlucht in de ruimte tal van gegevens opzamelen in hun magnetische geheugen. Komt de maan in de buurt van een waarnemingsstation dan kan, na een radiografisch commando, de band afgespeeld worden, waarbij de vastgelegde gegevens, zo nodig in een versneld tempo, naar de aarde worden gezonden. Andere data-recorders registreren uitkomsten van elektronische rekenmachines, of besturen werktuigmachines met een in het geheugen vastgelegd werkprogramma. Een automatische diaprojector kan worden gecommandeerd „Volgend plaatje" door een bandopnemer, die ook de begeleidende tekst verzorgt.
Verder wordt de magnetische band ook gebruikt om de akoestiek van „droge" zalen geschikt te maken voor muziekuitvoeringen. Een zaal met droge akoestiek heeft weinig na-
Voor muziek is echter een ruimte nodig met langere nagalmtijd, voor gewijde muziek zelfs met zeer lange nagalm. Met nagalminstallaties kan de akoestiek aan de behoeften worden aangepast.

Een heel bijzondere toepassing is het op magnetisch band vastleggen van televisieprogramma's. Dit kon daarvoor alleen fotografisch op film. In het deeltje „Televisie" hebben we gezien hoe een beweging ontleed kan worden in beelden en hoe elk beeld omgezet kan worden in een zeer snel variërend, elektrisch signaal. Net zoals bij het geluid kan dit video-signaal vastgelegd worden op de magnetische band. Daar per

seconde veel gegevens vastgelegd moeten worden, ruim 10 miljoen (zie deel 5, blz. 14), is een zeer grote bandsnelheid en dus een grote hoeveelheid band voor elk programma nodig. De kwaliteit van de registratie is hoog (telerecording). Wellicht zal in de toekomst de amateurfilmer zijn opnamen elektronisch maken met de magnetische band en deze op zijn televisietoestel afspelen!

Woorden en begrippen



PHILIPS NEDERLAND N.V. – EINDHOVEN
AFD. ONDERWIJSVOORLICHTING